



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-87-93>

# Изменение морфофункциональных параметров глаза при неоваскулярной глаукоме после витреоретинальных вмешательств

Р.Р. Файзрахманов<sup>1</sup>, М.М. Шишкин<sup>1, 2</sup>, М.Е. Калинин<sup>1, 2</sup> , О.А. Павловский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Нижняя Первомайская, д. 70, Москва, 105203, Россия

<sup>2</sup> ИУВ ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Нижняя Первомайская, д. 65, Москва, 105203, Россия

**Цель работы** — оценка морфологических и функциональных параметров глазного яблока у пациентов с неоваскулярной глаукомой (НВГ) и диабетическим макулярным отеком (ДМО) после витреоретинальной хирургии (ВРХ). **Материал и методы.** Шестьдесят пациентов (60 глаз) в возрасте  $59 \pm 12$  лет, в том числе 34 мужчины и 26 женщин, были разделены на три группы: 1-я группа — 19 (19 глаз) пациентов с НВГ и ДМО после ВРХ, проведенной не более года назад по поводу пролиферативной диабетической ретинопатии (ПДР). При наличии ДМО в 6-месячном послеоперационном периоде интравитреально вводили лекарственный препарат (3 загрузочные инъекции с интервалом в месяц). В анамнезе у пациентов была также факоэмульсификация катаракты (ФЭК) с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ); 2-я группа (23 пациента, 23 глаза) — пациенты с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) III стадии, с продолжительностью глаукомного процесса до 5 лет, которым ранее не проводились лазерные или хирургические антиглаукомные вмешательства, — в анамнезе у этих пациентов также операция ФЭК с имплантацией ИОЛ; 3-я группа (18 пациентов, 18 глаз) — пациенты с артификацией без признаков глаукомы и другой глазной патологии (группа контроля). **Результаты.** Открытие угла передней камеры (УПК) при НВГ (группа 1) было в 2,73 раза меньше ( $p = 0,034$ ), чем при ПОУГ (группа 2), и в 3,69 раза меньше, чем у пациентов группы контроля ( $p = 0,034$ ), неоваскуляризация радужки и УПК отмечались преимущественно у пациентов с НВГ (84%). Гониосинехии в УПК у пациентов группы 1 отмечены в 6,35 раза чаще, чем у пациентов группы 2, и в 14,45 раза чаще, чем у пациентов группы 3. Рубеоз встречался у пациентов группы 1 в 4,65 чаще, чем у пациентов группы 2 ( $p = 0,034$ ), и в 6,64 раза чаще, чем у пациентов группы 3 ( $p = 0,034$ ). Отмечены статистически значимые различия морфометрических параметров диска зрительного нерва в группах 1 и 2 с группой 3, а показатели группы 1 и 2 были статистически сопоставимы, что связано с одинаковой степенью тяжести глаукомного процесса в этих группах. Анализ индексов компьютерной периметрии MD, MS и sLV показал наличие развитого глаукомного процесса в группах 1 и 2. Выявленные изменения основываются на патогномоничных факторах, в частности могут быть вызваны ранее проведенным оперативным вмешательством, затрагивающим витреоретинальный интерфейс у пациентов группы 1. **Заключение.** Возникновение НВГ вызвано преимущественно тяжелым течением ПДР и изменением профиля УПК за счет образования синехий. Независимо от факторов риска результат оперативного лечения зависит от состояния ишемизированной сетчатки и переднего сегмента глаза. Оценка морфофункциональных параметров глаза при НВГ с ДМО после ВРХ представляет большой интерес, поскольку степень открытости УПК, расстояние от радужки до ИОЛ, наличие рубеоза и гониосинехий можно использовать для определения метода и тактики оперативного лечения, что позволит устранить патофизиологические факторы возникновения и прогрессирования НВГ и снизить частоту послеоперационных осложнений.

**Ключевые слова:** неоваскулярная глаукома; первичная открытоугольная глаукома; вторичная глаукома

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Для цитирования:** Файзрахманов Р.Р., Шишкин М.М., Калинин М.Е., Павловский О.А. Изменение морфофункциональных параметров глаза при неоваскулярной глаукоме после витреоретинальных вмешательств. Российский офтальмологический журнал. 2023; 16 (3): 87-93. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-87-93>

# Changes in the morphofunctional parameters of the eye in neovascular glaucoma on the after vitreoretinal surgery

Rinat R. Fayzrakhmanov<sup>1</sup>, Mikhail M. Shishkin<sup>1, 2</sup>, Matvei E. Kalinin<sup>1, 2</sup> ✉, Oleg A. Pavlovsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National N.I. Pirogov Medical and Surgical Center, 70, Nizhnaya Pervomaiskaya St., Moscow, 105203, Russia

<sup>2</sup> IUV FSBI National N.I. Pirogov Medical and Surgical Center, Institute of Continuous Medical Education, 65, Nizhnaya Pervomaiskaya St., Moscow, 105203, Russia  
matvey.kalinin@gmail.com

**Purpose:** to assess morphological and functional parameters of the eyeball in patients with neovascular glaucoma (NVG) and diabetic macular edema (DME) after vitreoretinal interventions. **Material and methods.** This study involved 60 patients (60 eyes), aged  $59 \pm 12$  including 34 men and 26 women. The patients were divided into three groups: group 1 — 19 patients (19 eyes) with NVG and DME after a vitreoretinal surgery (VRS) for proliferative diabetic retinopathy performed no earlier than a year ago. If DME was found within 6 months after the surgery, a drug was administered intravitreally (3 loading injections given with monthly intervals). The patients' history contained cataract phacoemulsification with an implantation of an intraocular lens (IOL). Group 2 (23 patients, 23 eyes) consisted of persons with stage III primary open-angle glaucoma (POAG) with the duration of the glaucomatous process of up to 5 years, who received no laser or surgical antiglaucomatous interventions. The history of these patients also contained phacoemulsification operations with IOL implantation. Group 3 (18 patients, 18 eyes), which was composed of patients with pseudophakia but no symptoms of glaucoma or other eye pathology, served as control. **Results.** The opening of the anterior chamber angle (ACA) in NVG (group 1) was 2.73 times smaller ( $p = 0.034$ ) than in POAG (Group 2) and 3.69 times smaller than in the control group ( $p = 0.034$ ). Neovascularization of the iris and the ACA could primarily be seen in patients with NVG (84 %). Goniosynechiae in the ACA of group 1 patients were seen 6.35 times more often than in group 2 patients and 14.45 times more often than in group 3 patients. Rubeosis occurred in group 1 patients 4.65 times as often as in group 2 and 6.64 times more often than in group 3 patients ( $p = 0.034$ ). Statistically significant differences of morphometric parameters of the optic disc between groups 1 and 2, on the one hand, and group 3, on the other hand were found. Meanwhile, the figures for groups 1 and 2 were statistically comparable, which is explained by the same degree of severity of the glaucomatous process in these groups. The analysis of indices of computer perimetry MD, MS and sLV showed a developed glaucomatous process in groups 1 and 2. The revealed changes are based on pathognomonic factors. In particular, they may be caused by the prior surgical intervention affecting the vitreoretinal interface in group 1 patients. **Conclusion.** The onset of NVG is primarily caused by a grave course of proliferative diabetic and changes in the ACA profile, due to the formation of synechiae. Regardless of the risk factors, the result of surgical treatment depends on the condition of the ischemic retina and the anterior segment of the eye. Thus, the assessment of the morphofunctional parameters of the eye in patients with NVG and DME after VRS is of great interest. Changes in such parameters as the degree of openness of the ACA, distance from the iris to the IOL, the presence of rubeosis and synechia may be used to determine the methods and tactics of surgery, which will eliminate the pathophysiological factors of the onset and progression of CVH, and reduce postoperative complications.

**Keywords:** neovascular glaucoma; primary open-angle glaucoma; secondary glaucoma

**Conflict of interests:** there is no conflict of interest.

**Financial disclosure:** no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Fayzrakhmanov R.R., Shishkin M.M., Kalinin M.E., Pavlovsky O.A. Changes in the morphofunctional parameters of the eye in neovascular glaucoma on the after vitreoretinal surgery. Russian ophthalmological journal. 2023; 16 (3): 87-93 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-87-93>

Неоваскулярная глаукома (НВГ) — одна из наиболее агрессивных форм вторичных глауком, часто рефрактерная к стандартным методам хирургического и медикаментозного лечения, и в конечном итоге при отсутствии компенсации приводит к слепоте. В большинстве случаев прогрессирование неоваскуляризации переднего отдела глаза происходит в ответ на ишемию сетчатки. В первую очередь это происходит при диабетической ретинопатии (ДР), окклюзии центральной вены сетчатки (ОЦВС) и глазном ишемическом синдроме, встречаются также случаи, связанные с глазными и экстраокулярными образованиями [1–3]. Неоваскуляризация представляет собой многоэтапный процесс, который включает сложные взаимодействия множества ангиогенных факторов, различных видов цитокинов

и ферментов, индуцированных ишемией сетчатки. Разрастание фиброваскулярной ткани над трабекулярной сетью происходит вторично и препятствует оттоку водянистой влаги [4, 5]. На более поздних стадиях неоваскуляризации радужной оболочки миофибробласты соединительной ткани, связанные с ростом новых сосудов, сокращаются, вызывая закрытие угла передней камеры (УПК) с повышением внутриглазного давления (ВГД) [2, 6–10].

Пролиферативная ДР (ПДР) является наиболее частой причиной НВГ. Неоваскуляризация радужной оболочки встречается у 65 % пациентов с ПДР, а НВГ проявляется лишь у 5–8 % пациентов с ПДР [6]. Появление рубеоза радужной оболочки и НВГ напрямую связано с тяжестью и длительностью сахарного диабета (СД). Средний возраст

пациентов с СД, у которых встречается НВГ, значительно ниже, чем у пациентов с ОЦВС. Период между поражением сетчатки и возникновением ответных изменений переднего отрезка глазного яблока у больных СД больше, чем у пациентов с ОЦВС [11]. Риск развития НВГ у пациентов с ДР значительно увеличивается после выполнения витрэктомии и ленсэктомии из-за лучшего доступа вазопротрофирующих медиаторов к переднему сегменту глаза. Главными тяжелыми осложнениями ПДР являются кровоизлияния в стекловидное тело и тракционная отслойка сетчатки. В этих случаях витрэктомия является основным методом лечения и широко применяется в большинстве случаев. Однако ряд исследований показал, что витрэктомия у пациентов с ПДР в отдаленном послеоперационном периоде в 4–12 % случаев ассоциирована с развитием НВГ [12, 13]. При одновременном удалении катаракты и витрэктомии частота послеоперационных осложнений значительно возрастает. В том числе после витреоретинальной хирургии в отдаленном послеоперационном периоде отмечается развитие рефрактерной глаукомы: сообщалось о ее появлении в 30 % случаев через 2 года после витрэктомии с тампонадой силиконовым маслом [14].

**ЦЕЛЬ** работы — оценить морфологические и функциональные параметры глазного яблока у пациентов с НВГ и диабетическим макулярным отеком (ДМО) после витреоретинальных вмешательств.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 60 пациентов (60 глаз) в возрасте  $59 \pm 12$  лет, в том числе 34 мужчины и 26 женщин.

Все пациенты были разделены на три группы. 1-я группа — 19 пациентов (19 глаз) с НВГ и ДМО после витреоретинальных вмешательств, которым не более года назад была проведена витреоретинальная хирургия (ВРХ) по поводу ПДР по показаниям (геморетиналь, экстраретинальная пролиферация, тракционная отслойка сетчатки). Все операции выполнялись с использованием высокоскоростных витреотомов трехпортовым доступом 25G и включали при наличии показаний витреошвартэктомию, мембранопилинг, тампонаду витреальной полости газовой воздушной смесью или силиконовым маслом 1300. Далее, при наличии в 6-месячном послеоперационном периоде ДМО пациентам выполняли 3 загрузочные интравитреальные инъекции лекарственного препарата с интервалом в месяц, после этого толщина сетчатки в центральной зоне составила  $294 \pm 79$  мкм. Для компенсации ВГД использовались гипотензивные инстилляционные препараты, которые снизили ВГД до  $19,10 \pm 3,71$  мм рт. ст. В анамнезе у пациентов была также операция факэмульсификации катаракты (ФЭК) с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ).

2-я группа — 23 пациента (23 глаза) с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) III стадии, с продолжительностью глаукомного процесса до 5 лет, которым ранее не проводились лазерные или хирургические антиглаукомные вмешательства. Для компенсации ВГД использовались гипотензивные инстилляционные препараты, которые снизили ВГД до  $18,70 \pm 5,02$  мм рт. ст. В анамнезе у пациентов была также операция ФЭК с имплантацией ИОЛ.

3-я группа — 18 пациентов (18 глаз) с артефакцией без признаков глаукомы (группа контроля), без сопутствующей глазной патологии в анамнезе.

Критерии исключения из исследования: помутнение оптических сред на исследуемом глазу, не позволяющее выполнить обследование, наличие в анамнезе лазерных или

хирургических антиглаукомных вмешательств по поводу глаукомы, аномалии рефракции, превышающие среднюю степень для миопии и слабую степень для гиперметропии, наличие в анамнезе острого нарушения мозгового кровообращения, острого коронарного синдрома, некомпенсированной гипертонической болезни и СД.

Стандартное офтальмологическое обследование включало визометрию, определение максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ), биомикроскопию, офтальмоскопию с использованием асферических высокодиоптрийных линз 60, 78 дптр, гониоскопию, а также оптическую когерентную томографию (ОКТ). ОКТ переднего отрезка глаза проводили на томографе Optovue RTVue в режимах Line, Angle. Определяли глубину передней камеры, УПК в градусах, расстояние от радужки до ИОЛ. Компьютерную периметрию осуществляли на анализаторе полей зрения Octopus (HAAG-STREIT, Швейцария) по пороговой стратегии: для оценки центрального поля зрения в пределах  $30^\circ$  от точки фиксации взгляда использовали программу 30-2. Анализировали индексы MD, MS и sLV. У пациентов с остротой зрения, сниженной до сотых, дополнительно применяли программу LowVision. Степень открытия УПК определяли по классификации Ван Бойнингена, степень пигментации трабекулы — по классификации А.П. Нестерова, неоваскуляризацию УПК, наличие гониосинехий в УПК, сосудов радужки оценивали в баллах (0 — отсутствие признака, 1 — наличие).

Статистическую обработку результатов осуществляли при помощи программы IBM SPSS Statistics 23 с использованием Т-критерия для парных выборок и корреляции Пирсона. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Результаты описательной статистики в большинстве таблиц представлены в виде  $M \pm \sigma$ , где  $M$  — среднее значение,  $\sigma$  — стандартное отклонение. Нормальность распределения оценивали по критерию Колмогорова — Смирнова. Критический уровень статистической значимости при проверке нулевой гипотезы принимали равным 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При проведении гониоскопии и биомикроскопии у пациентов всех групп выявлены изменения со стороны переднего отдела глаза, такие как степень открытия УПК, изменение расстояния от радужки до ИОЛ, наличие гониосинехий. Необходимо учитывать тот факт, что во всех группах были пациенты с артефакцией, что сказалось на состоянии переднего отрезка глаза (табл. 1).

Одной из главных отличительных особенностей морфологии переднего отрезка глаза пациентов группы 1 является неоваскуляризация УПК, которая встречалась у 84 % пациентов этой группы. Наличие гониосинехий в УПК у пациентов группы 1 отмечено в 6,35 раза чаще, чем у пациентов группы 2, и в 14,45 раза чаще, чем у пациентов группы 3. В связи с этим у пациентов этих групп степень открытия УПК статически значимо различалась: данный показатель у пациентов группы 1 был в 2,73 раза меньше, чем у пациентов группы 2 ( $p = 0,034$ ), и в 3,69 раза меньше, чем у пациентов группы 3 ( $p = 0,034$ ). Не менее важным показателем является наличие рубеоза, который встречался у пациентов группы 1 в 4,65 раза чаще, чем у пациентов группы 2 ( $p = 0,034$ ), и в 6,64 раза больше, чем у пациентов группы 3 ( $p = 0,034$ ).

Для полноценного исследования изменений параметров переднего отдела глаза всем пациентам была проведена ОКТ (табл. 2).

Исследование изменений структурных параметров глаза показало более значительное расстояние от радужки до ИОЛ у пациентов группы 1: данный показатель в 1,46

**Таблица 1.** Морфологические параметры угла передней камеры глаза у пациентов с различными вариантами глаукомного процесса, баллы ( $M \pm \sigma$ )

**Table 1.** Morphological parameters of the angle of the anterior chamber of the eye in patients with various types of glaucoma, points ( $M \pm \sigma$ )

Параметры Parameters	Группа Group		
	1 n = 19	2 n = 23	3 n = 18
Степень открытия угла передней камеры, градусы Anterior chamber angle	1,06 ± 0,59*	2,90 ± 0,73*	3,92 ± 0,26
Степень пигментации трабекулы Degree of trabecula pigmentation	0,53 ± 0,43	1,62 ± 0,69*	0,42 ± 0,31
Наличие гониосинехий Presence of goniosynechia	5,06 ± 2,76*	0,83 ± 0,71	0,35 ± 0,23
Сосуды радужки Iris vessels	0,93 ± 0,25*	0,24 ± 0,12	0,14 ± 0,06

**Примечание.** n — количество глаз, \* —  $p < 0,05$  в сравнении с данными пациентов группы 3, степень открытия угла передней камеры определяли по классификации по Ван Бойнингену, степень пигментации трабекулы определяли по классификации по А.П. Нестерову.  
**Note.** n — number of eyes, \* —  $p < 0.05$  in comparison with the data of patients of group 3, the degree of openness of the anterior chamber angle was determined according to Van Beuningen classification, the degree of pigmentation of the trabeculae was determined according to A.P. Nesterov classification.

**Таблица 2.** Морфологические параметры передней камеры глаза у пациентов с различными вариантами глаукомного процесса по данным оптической когерентной томографии ( $M \pm \sigma$ )

**Table 2.** Morphological parameters of the anterior chamber of the eye in patients with various types of glaucoma according optical coherence tomography data ( $M \pm \sigma$ )

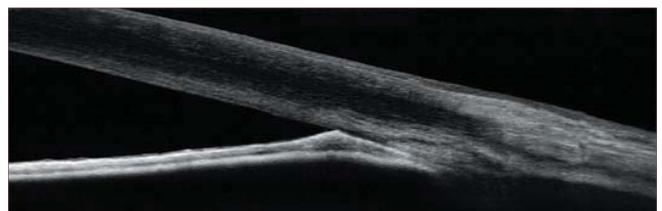
Морфологические признаки Morphological parameters	Группа Group		
	1 n = 19	2 n = 23	3 n = 18
Глубина передней камеры глаза, мм Anterior chamber depth, mm	3,93 ± 0,32	3,66 ± 0,31	3,75 ± 0,11
Угол передней камеры глаза, градусы Anterior chamber angle, degree	23,79 ± 10,23*	37,71 ± 6,60	41,83 ± 2,34
Расстояние от радужки до ИОЛ, мкм Distance between iris and IOL, $\mu$ m	1086,80 ± 126,78*	606,90 ± 73,78	616,78 ± 62,96

**Примечание.** n — количество глаз, \* —  $p < 0,05$  в сравнении с данными пациентов группы 3.  
**Note.** n — number of eyes, \* —  $p < 0.05$  compared to group 3 patients.

раза больше, чем у пациентов группы 2 ( $p = 0,043$ ), и в 1,43 раза больше, чем у пациентов группы 3 ( $p = 0,043$ ). Это отличие можно объяснить большим смещением и поднятностью радужной оболочки к УПК у пациентов с НВГ и ДМО после ВРХ, а также изменением гидродинамики глаза. Рубеоз, наблюдающийся при биомикроскопии, коррелирует с глубиной передней камеры ( $r = 0,94$ ). Важным моментом является наличие разницы в размерах УПК у пациентов обеих групп: данный показатель в 1,75 раза меньше у пациентов группы 1 (рис. 1), чем у пациентов группы 2 (рис. 2) ( $p = 0,043$ ), что коррелирует с наличием гониосинехий и новообразованных сосудов в УПК, выявленных при гониоскопии ( $r = 0,94$ ).

Анализ выявил статистически значимые различия показателей в группах 1 и 2 в сравнении с группой 3: снижение площади нейроретинального пояса ( $p < 0,05$ ) и средней толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) ( $p < 0,05$ ), увеличение площади экскавации диска зрительного нерва (ДЗН) ( $p < 0,05$ ) и соотношения размеров экскавации к площади ДЗН ( $p < 0,05$ ), что в свою очередь может говорить о продолжительности глаукомного процесса (табл. 3).

Проведенный анализ параметров комплекса ганглиозных клеток (КГК) макулярной зоны сетчатки (табл. 4) показал достоверные различия показателей в группах 1 и 2 в сравнении с группой 3. Параметры КГК в группах 1 и 2 были различными из-за наличия ДМО в группе 1, пациентам



**Рис. 1.** Угол передней камеры глаза у пациентов с НВГ и ДМО после витреоретинальной хирургии  
**Fig. 1.** Angulus iridocornealis in neovascular glaucoma patients with diabetic macular edema after vitreoretinal surgery



**Рис. 2.** Угол передней камеры глаза у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой  
**Fig. 2.** Angulus iridocornealis in patients with primary open-angle glaucoma

которой интравитреально вводили лекарственный препарат (3 загрузочные инъекции с интервалом в месяц), после этого толщина сетчатки в центральной зоне составила  $294 \pm 79$  мкм. Объем фокальной потери КГК (GCC FLV %) в свою очередь может подтвердить сопоставимость тяжести глаукомного процесса в группах 1 и 2.

Обнаружены достоверные изменения функциональных показателей периметрии — индексов MD, MS и sLV у пациентов с НВГ и ДМО после ВРХ (табл. 5). Выявлены статистически значимые отличия ( $p < 0,05$ ) величины периметрического индекса MD и индекса sLV ( $p < 0,05$ ) у пациентов групп 1 и 2 по сравнению группой 3. Индекс MS также

статистически значимо увеличился ( $p < 0,05$ ) у пациентов групп 1 и 2 по сравнению группой 3.

## ОБСУЖДЕНИЕ

ДР — наиболее частое микрососудистое осложнение СД и в 4,8 % случаев является причиной слепоты во всем мире [15, 16]. При прогрессировании ДР происходит разрастание фиброваскулярной ткани и возникает риск развития тракционной отслойки сетчатки. В этом случае необходимо проведение витреоретинальных вмешательств, которые могут восстановить зрение и улучшить качество жизни пациента. Однако это может быть связано с множеством

**Таблица 3.** Морфометрические параметры диска зрительного нерва у пациентов с ПОУГ, НВГ с ДМО после витреоретинальной хирургии и группы контроля ( $M \pm \sigma$ )

**Table 3.** Morphometric parameters of the optic disc in patients with primary open-angle glaucoma, neovascular glaucoma with diabetic edema after vitreoretinal surgery and the control group ( $M \pm \sigma$ )

Параметры Parameters	Группа Group		
	1 n = 19	2 n = 23	3 n = 18
Disc area, мм <sup>2</sup> /mm <sup>2</sup>	2,06 ± 0,25	2,11 ± 0,09	2,16 ± 0,21
Cup area, мм <sup>2</sup> /mm <sup>2</sup>	1,34 ± 0,19*	1,22 ± 0,26*	0,56 ± 0,17
Rim area, мм <sup>2</sup> /mm <sup>2</sup>	0,48 ± 0,17*	0,61 ± 0,21*	1,39 ± 0,25
Cup/disc area	0,81 ± 0,14*	0,77 ± 0,12*	0,24 ± 0,06
Cup vol., мм <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup>	0,56 ± 0,34*	0,62 ± 0,32*	0,16 ± 0,05
RNFL ave, μ	64,53 ± 3,85*	72,20 ± 7,53*	101,64 ± 4,19
RNFL superior, μ	65,46 ± 4,98*	71,80 ± 8,29*	101,71 ± 5,04
RNFL inferior, μ	63,60 ± 4,48*	72,60 ± 7,15*	101,14 ± 4,90

**Примечание.** n — количество глаз, \* —  $p < 0,05$  в сравнении с данными пациентов группы 3.

**Note.** n — number of eyes, \* —  $p < 0.05$  in comparison with the data of group 3 patients.

**Таблица 4.** Комплекс ганглиозных клеток макулярной области сетчатки у пациентов с ПОУГ и НВГ с ДМО после витреоретинальной хирургии и в группе контроля ( $M \pm \sigma$ )

**Table 4.** The state of the complex of ganglion cells of the macular area of the retina in patients with primary open-angle glaucoma, neovascular glaucoma with diabetic edema after vitreoretinal surgery and the control group ( $M \pm \sigma$ )

Параметры Parameters	Группа Group		
	1 n = 19	2 n = 23	3 n = 18
GCC total, μ	118,06 ± 6,73*#	74,90 ± 13,89*	101,5 ± 4,2
GCC superior, μ	116,80 ± 8,42*#	76,20 ± 13,49*	101,07 ± 4,59
GCC inferior, μ	115,86 ± 5,20*#	70,80 ± 13,26*	101,07 ± 3,98
GCC FLV, %	14,25 ± 2,69*#	8,98 ± 3,92*	0,42 ± 0,45
GCC Glv, %	28,79 ± 6,52*	20,62 ± 7,83*	1,10 ± 1,03

**Примечание.** n — количество глаз, \* —  $p < 0,05$  в сравнении с данными пациентов группы 3, # —  $p < 0,05$  в сравнении с данными пациентов группы 2.

**Note.** n — number of eyes, \* —  $p < 0.05$  compared with the data of patients of group 3, # —  $p < 0.05$  in comparison with the data of patients of group 2.

**Таблица 5.** Функциональные показатели периметрии у пациентов с ПОУГ и НВГ с ДМО после витреоретинальной хирургии и группы контроля ( $M \pm \sigma$ )

**Table 5.** Functional perimetric parameters in patients with primary open-angle glaucoma, neovascular glaucoma with diabetic edema after vitreoretinal surgery and the control group ( $M \pm \sigma$ )

Показатель Parameter	Группа Group		
	1 n = 19	2 n = 23	3 n = 18
MD, dB	11,63 ± 3,47*	18,22 ± 2,62*	0,71 ± 1,02
MS, dB	16,95 ± 3,23*	9,89 ± 1,97*	27,92 ± 1,58
sLV	8,45 ± 1,77*	6,68 ± 2,33*	2,23 ± 0,78

**Примечание.** n — количество глаз, \* —  $p < 0,05$  в сравнении с данными пациентов группы 3.

**Note.** n — number of eyes, \* —  $p < 0.05$  compared to group 3 patients.

послеоперационных осложнений, одним из которых является развитие НВГ [17, 18]. В последнее десятилетие быстрый прогресс в технологиях визуализации сетчатки и разработка новых методов лечения значительно улучшили результаты хирургического лечения пациентов с ДР [19, 20].

Анализ полученных нами данных биомикроскопии и гониоскопии продемонстрировал некоторые значимые структурные различия между пациентами, такие как степень открытия УПК, неоваскуляризация радужки и УПК, которые отмечались преимущественно у пациентов с НВГ. Однако частота выявления данных признаков связана с изменениями со стороны заднего отдела глаза, что обуславливает тяжесть патологического процесса. По данным гониоскопии и ОКТ отличительными особенностями переднего отдела глаза у пациентов с НВГ и ДМО после ВРХ является сужение УПК, что вызвано разрастанием фиброзной и неоваскулярной мембраны, вследствие чего происходит ее подтягивание в сторону роговицы. Многие авторы отмечают, что факовитреэктомия может увеличить риск развития НВГ за счет разрушения барьера между передним и задним сегментом глаза. Это приводит к передней диффузии вазопрлиферативных факторов и воспалительных цитокинов [21, 22]. Кроме того, кислород из передней камеры диффундирует в витреальную полость [23].

Сравнение данных ОКТ показало статистически значимые различия морфометрических параметров ДЗН в группах 1 и 2 с группой 3, а группы 1 и 2 были статистически сопоставимы, что связано с одинаковой степенью тяжести глаукомного процесса в этих группах.

Анализ функциональных индексов компьютерной периметрии — MD, MS и sLV — выявил наличие развитого глаукомного процесса в группе 1 и 2. Обнаруженные изменения основываются на патогномичных факторах, в частности могут быть вызваны ранее проведенным оперативным вмешательством, затрагивающим витреоретинальный интерфейс у пациентов группы 1. Y. Saito и соавт. [24] отметили, что использование анти-VEGF препаратов при НВГ на фоне ПДР может существенно повлиять на успех последующих антиглаукомных вмешательств и повысить функциональный результат.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возникновение НВГ вызвано несколькими факторами, в первую очередь тяжелым течением ДР и изменением профиля УПК за счет образования синехий. Независимо от факторов риска результат оперативного лечения определяется состоянием ишемизированной сетчатки и переднего сегмента глаза. Таким образом, исследование морфофункциональных параметров глаза у пациентов с НВГ и ДМО после ВРХ представляет большой интерес. Такие параметры, как степень открытия УПК, расстояние от радужки до ИОЛ, наличие рубцеоза и гонисинехий, нужно использовать для определения метода и тактики оперативного лечения, что позволит устранить патофизиологические факторы возникновения и прогрессирования НВГ и снизить частоту послеоперационных осложнений.

## Литература/References

1. Нероев В.В. Анализ первичной офтальмологической медико-санитарной помощи в Российской Федерации. *Российская офтальмология онлайн*. 2016; 23: 23–1. [Neroev V.V. Analysis of primary ophthalmic health care in the Russian Federation. *Russian ophthalmology online*. 2016; 23: 23–1 (In Russ.)]. Available at: <https://eyepress.ru/article.aspx?22646> (Acced 5 Apr 2023).
2. Widder R, Lemmen KD, Dietlein T. Neovaskularisations glaukom. *Klin Monatsbl Augenheilkd*. 2010; 227 (2): R15–28.
3. Zhou MW, Xu X, Zhang XL, Sun XD. Clinical outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation with or without intravitreal bevacizumab pretreatment for

neovascular glaucoma: a systematic review and meta-analysis. *J Glaucoma*. 2016; 25 (7): 551–7. doi: 10.1097/IJG.0000000000000241

4. Файзрахманов Р.Р., Калинин М.Е., Шишкин М.М., Павловский О.А. Современный взгляд на использование гонियोассоциированной трабекулотомии. *Офтальмохирургия*. 2021; 3: 77–82. [Fayzrahmanov R.R., Kalinin M.E., Shishkin M.M., Pavlovskiy O.A. Modern view of using gonioassociated trabeculotomy. *Fyodorov journal of ophthalmic surgery*. 2021; 3: 77–82 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2021-3-77-82>
5. Hayreh SS. Neovascular glaucoma. *Prog Retin Eye Res*. 2007; 26 (5): 470–85. doi: 10.1016/j.preteyeres.2007.06.001
6. Comment and response to the article “The clinical relevance of visualizing the peripheral retina” by Nicola Quinn, Lajos Csincsik, Erin Flynn, Christine A. Curcio, Szilard Kiss, SriniVas R. Sadda, Ruth Hogg, Tunde Peto Imre Lengyel. *Prog Retin Eye Res*. 2021; 83: 1000939 doi: 10.1016/j.preteyeres.2020.100939
7. Shazly TA, Latina MA. Neovascular glaucoma: etiology, diagnosis and prognosis. *Semin Ophthalmol*. 2009; 24 (2): 113–21. doi: 10.1080/08820530902800801
8. Netland PA. The Ahmed glaucoma valve in neovascular glaucoma (an AOS thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc*. 2009; 107: 325–42.
9. Simha A, Braganza A, Abraham L, Samuel P, Lindsley K. Anti-vascular endothelial growth factor for neovascular glaucoma. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013; 10 (10): CD007920. doi: 10.1002/14651858.CD007920
10. Olmos LC, Sayed MS, Moraczewski AL, et al. Long-term outcomes of neovascular glaucoma treated with and without intravitreal bevacizumab. *Eye (Lond)*. 2016; 30 (3): 463–72. doi: 10.1038/eye.2015.259
11. Neovascular glaucoma. 2018. *EyeRounds.org*. Available at: <http://eyerounds.org/cases/268-neovascular-glaucoma.pdf> (Acced 6 March 2023)
12. Wakabayashi Y, Usui Y, Okunuki Y, et al. Intraocular VEGF level as a risk factor for postoperative complications after vitrectomy for proliferative diabetic retinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012; 53 (10): 6403–10. doi: 10.1167/iovs.12-10367
13. Goto A, Inatani M, Inoue T, et al. Frequency and risk factors for neovascular glaucoma after vitrectomy in eyes with proliferative diabetic retinopathy. *J Glaucoma*. 2013; 22 (7): 572–6. doi: 10.1097/IJG.0b013e31824d514a
14. Henderer JD, Budenz DL, Flynn Ir HW, et al. Elevated intraocular pressure and hypotony following silicone oil retinal tamponade for complex retinal detachment: incidence and risk factors. *Arch Ophthalmol*. 1999; 117 (2): 189–95. doi: 10.1001/archophth.117.2.189
15. Resnikoff S, Pascolini D, Etya’Ale D, et al. Global data on visual impairment in the year 2002. *Bull World Health Organ*. 2004; 82 (11): 844–51
16. Fong DS, Aiello LP, Ferris FR, Klein R. Diabetic retinopathy. *Diabetes Care*. 2004; 27 (10): 2540–53. doi: 10.2337/diacare.27.10.2540
17. Суханова А.В., Файзрахманов Р.Р., Павловский О.А., Карпов Г.О., Босов Э.Д. Динамика параметров чувствительности центральной зоны сетчатки после витреэктомии по поводу регматогенной отслойки сетчатки с использованием силиконовой тампонады. *Саратовский медицинский журнал*. 2021; 17 (2): 383–7. [Sukhanova A.V., Fayzrahmanov R.R., Pavlovskiy O.A., Karpov G.O., Bosov E.D. Dynamics of sensitivity parameters of the central retinal zone after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment using silicone oil tamponade. *Saratov journal of medical scientific research*. 2021; 17 (2): 383–7 (In Russ.)]. Available at: <https://ssmj.ru/en/2021/2/383>
18. Yau GL, Silva PS, Arrigg PG, Sun JK. Postoperative complications of pars plana vitrectomy for diabetic retinal disease. *Semin Ophthalmol*. 2018; 33 (1): 126–33. doi: 10.1080/08820538.2017.1353832
19. Файзрахманов Р.Р., Суханова А.В., Павловский О.А., Ларина Е.А. Роль ОКТ-ангиографии в исследовании ретинальной перфузии после эндовитреального вмешательства по поводу регматогенной отслойки сетчатки. *Клиническая практика*. 2020; 11 (3): 61–7. [Fayzrahmanov R.R., Sukhanova A.V., Pavlovskiy O.A., Larina E.A. The role of OCT angiography in a study of retinal perfusion after endovitrealt intervention due to rhegmatogenous retinal detachment. *Journal of Clinical Practice*. 2020; 11 (3): 61–7 (In Russ.)]. doi: 10.17816/clinpract33960
20. Jampol LM, Glassman AR, Sun J. Evaluation and care of patients with diabetic retinopathy. *N Engl J Med*. 2020; 382 (17): 1629–37. doi: 10.1056/NEJMra1909637
21. Моновалова К.И., Шишкин М.М., Файзрахманов Р.Р. Эффективность многоэтапного хирургического лечения пролиферативной диабетической ретинопатии, осложненной начальной катарактой. *Вестник офтальмологии*. 2020; 136 (6): 171–6. [Konovalova K.I., Shishkin M.M., Fayzrahmanov R.R. Effectiveness of multistage surgical treatment of advanced proliferative diabetic retinopathy complicated with primary cataract. *Vestnik Oftalmologii*. 2020; 136 (6): 171–6 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/oftalma2020136062171>
22. Senn P, Schipper I, Perren B. Combined pars plana vitrectomy, phacoemulsification, and intraocular lens implantation in the capsular bag: a comparison to vitrectomy and subsequent cataract surgery as a two-step procedure. *Ophthalmic Surg Lasers*. 1995; 26: 420–8. <https://doi.org/10.3928/1542-8877-19950901-09>

23. Stefansson E, Landers MB, Wolbarsht ML. Increased retinal oxygen supply following pan-retinal photocoagulation and vitrectomy and lensectomy. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1981; 79: 307–34.
24. Saito Y, Higashide T, Takeda H, et al. Clinical factors related to recurrence of anterior segment neovascularization after treatment including intravitreal bevacizumab. *Am J Ophthalmol.* 2010; 149 (6): 964–72. doi: 10.1016/j.ajo.2010.01.008

**Вклад авторов в работу:** Р.Р. Файзрахманов — концепция исследования, утверждение статьи для публикации; М.М. Шишкин — дизайн исследования, анализ данных, редактирование статьи; М.Е. Калинин, О.А. Павловский — сбор и анализ данных, написание статьи.

**Author's contribution:** R.R. Fayzrakhmanov — concept of the study, approval of the manuscript for publication, M.M. Shishkin — study design, data analysis, editing of the article, M.E. Kalinin, O.A. Pavlovsky — data collection and analysis, writing of the article.

Поступила: 11.01.2023. Переработана: 16.02.2023. Принята к печати: 18.02.2023

Originally received: 11.01.2023. Final revision: 16.02.2023. Accepted: 18.02.2023

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Нижняя Первомайская, д. 70, Москва, 105203, Россия

<sup>2</sup> ИУВ ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Нижняя Первомайская, д. 65, Москва, 105203, Россия

**Ринат Рустамович Файзрахманов** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой глазных болезней<sup>1</sup>, ORCID 0000-0002-4341-3572  
**Михаил Михайлович Шишкин** — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры глазных болезней<sup>1</sup>, главный офтальмолог центра офтальмологии<sup>2</sup>

**Матвей Евгеньевич Калинин** — аспирант кафедры глазных болезней<sup>1</sup>, врач-офтальмолог центра офтальмологии<sup>2</sup>

**Олег Александрович Павловский** — канд. мед. наук, врач-офтальмолог центра офтальмологии<sup>2</sup>

**Для контактов:** Матвей Евгеньевич Калинин,  
matvey.kalinin@gmail.com

<sup>1</sup> National N.I. Pirogov Medical and Surgical Center, 70, Nizhnyaya Pervomaiskaya St., Moscow, 105203, Russia

<sup>2</sup> IUV FSBI National N.I. Pirogov Medical and Surgical Center, Institute of Continuous Medical Education, 65, Nizhnyaya Pervomaiskaya St., Moscow, 105203, Russia

**Rinat R. Fayzrakhmanov** — Dr. of Med. Sci., professor, head of of chair of ophthalmology<sup>1</sup>, ORCID 0000-0002-4341-3572

**Mikhail M. Shishkin** — Dr. of Med. Sci., professor, chair of ophthalmology<sup>1</sup>, chief ophthalmologist of the ophthalmology center<sup>2</sup>

**Matvei E. Kalinin** — PhD student, chair of ophthalmology<sup>1</sup>, ophthalmologist of the center of ophthalmology<sup>2</sup>

**Oleg A. Pavlovsky** — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist at the ophthalmology center<sup>2</sup>

**For contacts:** Matvei E. Kalinin,  
matvey.kalinin@gmail.com